

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: B200433001

UDC _____

厦 门 大 学

博 士 学 位 论 文

高浓度难降解有机废水的间歇水解—好氧
循环生物处理技术研究

Study on Batch Hydrolytic-Aerobic Recycling Biological
Process in Treating Simulated High Concentration Organic
Wastewater

国家自然科学基金(20076037)资助项目

指导教师姓名: 李清彪 教授

专 业 名 称: 环 境 工 程

论文提交日期: 2007 年 7 月

论文答辩时间: 2007 年 8 月

学位授予日期: 2007 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2007 年 8 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹呈交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。
本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：
年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版，有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅，有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索，有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1、保密（ ），在 年解密后适用本授权书。

2、不保密（√）

（请在以上相应括号内打√。）

作者签名：

日期： 年 月 日

导师签名：

日期： 年 月 日

目 录

摘 要.....	I
Abstract.....	III
第一章 文献综述	1
1.1 难降解有机废水的基本特性	1
1.2 难降解有机废水的种类和来源	2
1.2.1 印染废水.....	2
1.2.2 化工废水.....	2
1.2.3 焦化废水.....	3
1.2.4 农药废水.....	4
1.2.5 制药废水.....	4
1.3 有机废水的生物降解原理	4
1.3.1 厌氧生物降解原理.....	4
1.3.2 好氧生物降解原理.....	7
1.4 有机废水的生物处理技术	8
1.4.1 厌氧生物处理技术.....	8
1.4.2 水解生物处理技术.....	12
1.4.3 好氧生物处理技术.....	13
1.4.4 厌氧—好氧联合生物处理技术.....	13
1.5 论文的研究目的、意义与内容	21
1.5.1 研究目的.....	21
1.5.2 研究意义.....	22
1.5.3 研究内容.....	23
第二章 材料与方法	24
2.1 实验材料、试剂与仪器	24
2.1.1 生物膜载体.....	24
2.1.2 活性艳蓝KN-R.....	25
2.1.3 2, 4-DCP	25
2.1.4 接种污泥.....	25
2.1.5 实验仪器和试剂.....	25
2.2 分析测试方法	28
2.2.1 化学需氧量.....	28
2.2.2 挥发性脂肪酸和碱度.....	29
2.2.3 活性艳蓝KN-R浓度	30
2.2.4 2, 4-DCP浓度	31
2.2.5 葡萄糖浓度.....	32
2.2.6 胞外多聚物.....	33

2.2.7 生物膜干重.....	33
2.2.8 其它参数.....	33
2.3 实验方法	34
2.3.1 模拟废水的配制.....	34
2.3.2 驯化与挂膜.....	34
2.3.3 实验方法.....	35
2.4 计算公式	40
2.4.1 单过程或单个反应器的计算.....	40
2.4.2 整个工艺过程计算.....	41
2.4.3 循环工艺中单过程的去除速率计算.....	43
第三章 生物膜法水解—好氧循环工艺降解活性艳蓝KN-R.....	46
3.1 生物膜SEM图.....	46
3.2 水解—好氧串联工艺降解活性艳蓝KN-R.....	47
3.2.1 葡萄糖浓度的影响.....	47
3.2.2 活性艳蓝KN-R浓度的影响.....	48
3.2.3 水解段和好氧段时间分配的影响.....	49
3.2.4 中间产物UV/Visible光谱分析.....	50
3.2.5 串联过程VFA、pH和碱度的变化.....	52
3.3 水解—好氧循环工艺降解活性艳蓝KN-R.....	53
3.3.1 COD的去除.....	53
3.3.2 色度的去除.....	57
3.3.3 DO的变化.....	59
3.3.4 VFA的变化.....	60
3.4 循环工艺与串联工艺比较	62
3.4.1 COD的去除.....	62
3.4.2 色度的去除.....	63
3.4.3 VFA的变化.....	64
3.4.4 VFA/碱度的变化	65
3.5 本章小结	66
第四章 活性污泥法水解—好氧循环工艺降解活性艳蓝KN-R	68
4.1 循环流量的影响	68
4.1.1 COD的去除	68
4.1.2 色度的去除.....	69
4.1.3 VFA的变化.....	70
4.1.4 VFA/碱度和pH值的变化.....	71
4.1.5 中间产物UV/Visible光谱分析	72
4.1.6 胞外多糖的变化.....	74
4.1.7 胞外蛋白质的变化.....	75
4.1.8 胞外蛋白/胞外多糖的变化	76

4.1.9 Zeta电位的变化	77
4.1.10 污泥特性的变化	78
4.2 水解/好氧反应器体积比的影响	80
4.2.1 COD的去除	80
4.2.2 色度的去除	81
4.2.3 VFA的变化	82
4.2.4 碱度、VFA/碱度和pH值的变化	83
4.2.5 胞外多糖和蛋白质的变化	84
4.2.6 Zeta电位的变化	85
4.2.7 污泥特性的变化	86
4.3 初始染料浓度的影响	88
4.3.1 COD的去除	88
4.3.2 色度的去除	89
4.3.3 VFA的变化	90
4.3.4 碱度的变化	91
4.4 本章小结	92
第五章 生物膜法水解—好氧循环工艺降解 2,4-DCP	94
5.1 生物膜SEM图	94
5.2 循环流量的影响	95
5.2.1 COD的去除	95
5.2.2 2,4-DCP的降解	96
5.2.3 葡萄糖的消耗	98
5.2.4 VFA的变化	99
5.2.5 碱度的变化	100
5.2.6 VFA/碱度的变化	101
5.3 曝气流量的影响	102
5.3.1 DO的变化	102
5.3.2 COD的去除	103
5.3.3 2,4-DCP的降解	104
5.3.4 VFA的变化	105
5.4 不同处理工艺的比较	106
5.4.1 2,4-DCP的降解	106
5.4.2 COD的去除	108
5.4.3 VFA的变化	108
5.4.4 pH的变化	109
5.4.5 碱度的变化	110
5.4.6 VFA/碱度的变化	111
5.5 本章小结	112
第六章 活性污泥法水解—好氧循环工艺降解 2,4-DCP	114

6.1 循环流量的影响	114
6.1.1 COD的去除	114
6.1.2 2,4-DCP的降解	115
6.1.3 VFA的变化.....	117
6.1.4 VFA/碱度和pH值的变化.....	118
6.1.5 胞外多糖的变化.....	119
6.1.6 胞外蛋白质的变化.....	120
6.1.7 胞外蛋白/胞外多糖的变化	121
6.1.8 Zeta电位的变化	122
6.1.9 污泥特性的变化.....	123
6.2 水解/好氧反应器体积比的影响	124
6.2.1 COD的去除	125
6.2.2 2,4-DCP的降解	126
6.2.3 VFA的变化.....	127
6.2.4 碱度、VFA/碱度和pH值的变化.....	128
6.2.5 胞外多糖和蛋白质的变化.....	129
6.2.6 Zeta电位的变化	130
6.2.7 污泥特性的变化.....	131
6.3 本章小结	133
第七章 结论与展望	134
7.1 结 论.....	134
7.2 展 望.....	136
参考文献.....	137
攻读博士学位期间发表的论文	144
致 谢.....	146

CONTENTS

Abstract in Chinese.....	错误！未定义书签。
Abstract in English	错误！未定义书签。
Chapter 1 Introduction.....	错误！未定义书签。
1.1 Characteristic of debiodegradable organic wastewater.....	错误！未定义书签。
1.2 Category and source of debiodegradable organic wastewater.....	错误！未定义书签。
1.2.1 Dyeing wastewater.....	错误！未定义书签。
1.2.2 Chemical industry wastewater	错误！未定义书签。
1.2.3 Coking wastewater.....	错误！未定义书签。
1.2.4 Pesticide wastewater	错误！未定义书签。
1.2.5 Pharmaceutical wastewater.....	错误！未定义书签。
1.3 Biological treatment principle of organic wastewater.....	错误！未定义书签。
1.3.1 Anaerobic treatment principle.....	错误！未定义书签。
1.3.2 Aerobic treatment principle	错误！未定义书签。
1.4 Biological treatment technology of organic wastewater.....	错误！未定义书签。
1.4.1 Anaerobic treatment technology	错误！未定义书签。
1.4.2 Hydrolytic treatment technology	错误！未定义书签。
1.4.3 Aerobic treatment technology.....	错误！未定义书签。
1.4.4 Anaerobic-aerobic combination treatment technology.....	错误！未定义书签。
1.5 Research aim, interest and content	错误！未定义书签。
1.5.1 Aim	错误！未定义书签。
1.5.2 Interest.....	错误！未定义书签。
1.5.3 Content.....	错误！未定义书签。
Chapter 2 Materials and Methods	错误！未定义书签。
2.1 Materials, reagents and instruments.....	错误！未定义书签。
2.1.1 Biofilm carrier.....	错误！未定义书签。
2.1.2 KN-R.....	错误！未定义书签。
2.1.3 2, 4-DCP	错误！未定义书签。
2.1.4 Activated sludge.....	错误！未定义书签。
2.1.5 Reagents and instruments	错误！未定义书签。
2.2 Analysis methods.....	错误！未定义书签。
2.2.1 COD	错误！未定义书签。

2.2.2	VFA and alkalinity.....	错误！未定义书签。
2.2.3	KN-R.....	错误！未定义书签。
2.2.4	2, 4-DCP	错误！未定义书签。
2.2.5	Glucose	错误！未定义书签。
2.2.6	Extracellular polymeric substances.....	错误！未定义书签。
2.2.7	Dry weight of biofilm	错误！未定义书签。
2.2.8	others.....	错误！未定义书签。
2.3	Experiments Methods.....	错误！未定义书签。
2.3.1	The components of simulated wastewater	错误！未定义书签。
2.3.2	Domestication and biofilm formation.....	错误！未定义书签。
2.3.3	Experiments methods.....	错误！未定义书签。
2.4	Formulas	错误！未定义书签。
2.4.1	Independent process and reactor.....	错误！未定义书签。
2.4.2	Total process	错误！未定义书签。
2.4.3	Removal rate of each reactor in recycling process.....	错误！未定义书签。
Chapter 3 Biofilm Hydrolytic-Aerobic Recycling Process in		
Degradation of KN-R.....		错误！未定义书签。
3.1	The SEM of biofilm.....	错误！未定义书签。
3.2	Hydrolytic-aerobic in-series process in degradation of KN-R.....	错误！未定义书签。
3.2.1	Effect of glucose concentration	错误！未定义书签。
3.2.2	Effect of KN-R concentration.....	错误！未定义书签。
3.2.3	Effect of hydrolytic and aerobic degradation time.....	错误！未定义书签。
3.2.4	UV/Visible spectra for intermediate products	错误！未定义书签。
3.2.5	Analysis of VFA, pH and alkalinity	错误！未定义书签。
3.3	Hydrolytic-aerobic recycling process in degradation of KN-R.....	错误！未定义书签。
3.3.1	COD removal.....	错误！未定义书签。
3.3.2	Color removal	错误！未定义书签。
3.3.3	Change of DO	错误！未定义书签。
3.3.4	Change of VFA.....	错误！未定义书签。
3.4	Comparison of in-series process and recycling process.....	错误！未定义书签。
3.4.1	COD removal.....	错误！未定义书签。
3.4.2	Color removal	错误！未定义书签。
3.4.3	Change of VFA.....	错误！未定义书签。
3.4.4	Change of VFA/alkalinity.....	错误！未定义书签。
3.5	Brief summary.....	错误！未定义书签。

Chapter 4 Activated Sludge Hydrolytic-Aerobic Recycling Process in

Degradation of KN-R..... 错误！未定义书签。

4.1 Effect of recycling flux..... 错误！未定义书签。

4.1.1 COD removal..... 错误！未定义书签。

4.1.2 Color removal..... 错误！未定义书签。

4.1.3 Change of VFA..... 错误！未定义书签。

4.1.4 Changes of VFA/alkalinity and pH..... 错误！未定义书签。

4.1.5 UV/Visible spectra for intermediate products... 错误！未定义书签。

4.1.6 Change of polysaccharide..... 错误！未定义书签。

4.1.7 Change of protein..... 错误！未定义书签。

4.1.8 Change of protein/polysaccharide..... 错误！未定义书签。

4.1.9 Change of Zeta potential..... 错误！未定义书签。

4.1.10 Characteristic of activated sludge..... 错误！未定义书签。

4.2 Effect of volume ratio..... 错误！未定义书签。

4.2.1 COD removal..... 错误！未定义书签。

4.2.2 Color removal..... 错误！未定义书签。

4.2.3 Change of VFA..... 错误！未定义书签。

4.2.4 Changes of alkalinity、VFA/alkalinity and pH 错误！未定义书签。

4.2.5 Changes of polysaccharide and protein..... 错误！未定义书签。

4.2.6 Change of Zeta potential..... 错误！未定义书签。

4.2.7 Characteristic of activated sludge..... 错误！未定义书签。

4.3 Effect of KN-R concentration..... 错误！未定义书签。

4.3.1 COD removal..... 错误！未定义书签。

4.3.2 Color removal..... 错误！未定义书签。

4.3.3 Change of VFA..... 错误！未定义书签。

4.3.4 Change of alkalinity..... 错误！未定义书签。

4.4 Brief summary..... 错误！未定义书签。

Chapter 5 Biofilm Hydrolytic-Aerobic Recycling Process in

Degradation of 2,4-DCP..... 错误！未定义书签。

5.1 The SEM of biofilm..... 错误！未定义书签。

5.2 Effect of recycling flux..... 错误！未定义书签。

5.2.1 COD removal..... 错误！未定义书签。

5.2.2 2,4-DCP degradation..... 错误！未定义书签。

5.2.3 Glucose consume..... 错误！未定义书签。

5.2.4 Change of VFA..... 错误！未定义书签。

5.2.5 Change of alkalinity..... 错误！未定义书签。

5.2.6 Change of VFA/alkalinity..... 错误！未定义书签。

5.3 Effect of aeration flux..... 错误！未定义书签。

5.3.1 Change of DO..... 错误！未定义书签。

5.3.2 COD removal..... 错误！未定义书签。

5.3.3	2,4-DCP degradation.....	错误！未定义书签。
5.3.4	Change of VFA	错误！未定义书签。
5.4	Comparison of different processes	错误！未定义书签。
5.4.1	2,4-DCP degradation.....	错误！未定义书签。
5.4.2	COD removal	错误！未定义书签。
5.4.3	Change of VFA	错误！未定义书签。
5.4.4	Change of pH	错误！未定义书签。
5.4.5	Change of alkalinity	错误！未定义书签。
5.4.6	Change of VFA/alkalinity	错误！未定义书签。
5.5	Brief summary.....	错误！未定义书签。

Chapter 6 Activated Sludge Hydrolytic-Aerobic Recycling Process in

Degradation of 2,4-DCP 错误！未定义书签。

6.1	Effect of recycling flux.....	错误！未定义书签。
6.1.1	COD removal	错误！未定义书签。
6.1.2	2,4-DCP degradation.....	错误！未定义书签。
6.1.3	Change of VFA	错误！未定义书签。
6.1.4	Changes of VFA/alkalinity and pH.....	错误！未定义书签。
6.1.5	Change of polysaccharide	错误！未定义书签。
6.1.6	Change of protein.....	错误！未定义书签。
6.1.7	Change of protein/polysaccharide.....	错误！未定义书签。
6.1.8	Change of Zeta potential	错误！未定义书签。
6.1.9	Characteristic of activated sludge	错误！未定义书签。
6.2	Effect of volume ratio	错误！未定义书签。
6.2.1	COD removal	错误！未定义书签。
6.2.2	2,4-DCP degradation.....	错误！未定义书签。
6.2.3	Change of VFA	错误！未定义书签。
6.2.4	Changes of alkalinity、VFA/alkalinity and pH	错误！未定义书签。
6.2.5	Changes of polysaccharide and protein	错误！未定义书签。
6.2.6	Change of Zeta potential	错误！未定义书签。
6.2.7	Characteristic of activated sludge	错误！未定义书签。
6.3	Brief summary.....	错误！未定义书签。

Chapter 7 Conclusions and Perspectives..... 错误！未定义书签。

7.1	Conclusions.....	错误！未定义书签。
7.2	Perspectives	错误！未定义书签。

References 错误！未定义书签。

Papers Published During the Study for Doctor Degree 错误！未定义书签。

Acknowledgements 错误！未定义书签。

厦门大学博硕士论文摘要库

摘 要

印染废水和化工废水是典型的两类工业废水。其中，蒽醌染料是合成染料中重要的一类，是继偶氮染料之后使用量最大的一类染料，被广泛地应用于纺织、印染等行业。由于其具有很强的水溶性，工业生产约 50 % 的蒽醌染料残留在生产废水中，导致废水色度极高且难生物降解，这给水环境带来了严重的危害。2,4-二氯苯酚（2,4-DCP）是芳香类化合物中用途较广、毒性较大、环境污染较严重的一类化合物，被广泛地用作木材防腐剂、防锈剂、杀真菌剂和一般杀虫剂等。中国、美国 EPA 等国家都将 2,4-DCP 列入了“优先控制污染物黑名单”。

本文以活性艳蓝 KN-R 和 2,4-DCP 为目标污染物，研究生物膜和活性污泥体系下，间歇水解—好氧循环工艺降解两种有机污染物的可行性，为间歇水解—好氧循环工艺处理高浓度难降解有机废水的工程应用奠定理论基础。

研究发现，循环流量、水解/好氧反应器有效液体体积比（水解/好氧反应器体积比）、好氧曝气流量是生物膜法和活性污泥法水解—好氧循环工艺降解活性艳蓝 KN-R 和 2,4-DCP 的关键工艺参数，对废水处理效果、反应器运行稳定性、菌体活性、微生物代谢产物累积情况及污泥特性等均有显著的影响。

生物膜法水解—好氧循环工艺降解活性艳蓝 KN-R 过程中，活性艳蓝 KN-R 初始浓度为 600 mg/L，葡萄糖浓度 2000 mg/L，在循环流量为 10 mL/min，曝气流量 3 L/min，水解/好氧反应器体积比 2:2 时，降解 24 h，化学需氧量（COD）和色度的总去除率分别达到 94.2 % 和 94.4 %。适当地增加循环流量，可以减轻水解反应器的酸化程度，避免挥发性脂肪酸（VFA）的积累对水解微生物的活性产生抑制。同时，提高了废水 COD、色度的总去除率以及平均去除速率。但循环流量过高，导致水解反应器中溶解氧（DO）浓度增大，对水解微生物的生物降解活性产生抑制，不利于废水中活性艳蓝 KN-R 的降解。

活性污泥法水解—好氧循环工艺降解活性艳蓝 KN-R 过程中，活性艳蓝 KN-R 初始浓度为 200 mg/L，葡萄糖浓度 2000 mg/L，在循环流量为 10 mL/min，曝气流量 3 L/min，水解/好氧反应器体积比 2:2 时，COD 和色度的总去除率分别达到 90 % 和 85 %。废水 COD 和色度总去除率随着循环流量的增大呈现先增加后减小的趋势。循环流量增加，VFA 浓度的峰值有所降低，水解和好氧污泥胞外多聚物（EPS）中胞外多糖（PS）和蛋白（PN）含量增加，污泥表面 Zeta 电位

值减小, 细胞表面相对疏水性增大, 促进了微生物细胞间的相互粘附, 有效地改善了污泥的沉降性能。

生物膜法水解—好氧循环工艺降解 2,4-DCP 过程中, 2,4-DCP 初始浓度为 20 mg/L, 葡萄糖 2000 mg/L, 在循环流量为 10 mL/min、曝气流量 3 L/min、水解/好氧反应器体积比 2:2 时, 降解 24 h, COD 和 2,4-DCP 的总去除率分别达到 95 %和 99 %。2,4-DCP 和 COD 的总去除率随着循环流量增加而增大。但是, 循环流量过高时, VFA 浓度较高, 水体的缓冲能力下降, 水解微生物活性被抑制, 不利于循环系统的稳定运行。在一定范围内提高曝气流量, 可以提高废水 2,4-DCP、COD 的总去除率和去除速率。

活性污泥法水解—好氧循环工艺降解 2,4-DCP 过程中, 2,4-DCP 初始浓度为 20 mg/L, 葡萄糖 2000 mg/L, 在循环流量为 15 mL/min、曝气流量 3 L/min、水解/好氧反应器体积比 1:3 时, 降解 24 h, COD 和 2,4-DCP 的总去除率分别达到 95 %和 96 %。增大循环流量, 加快了 2,4-DCP、COD 的总去除率和去除速率, VFA 浓度的峰值逐渐降低且 VFA 达到最大值的时间加快, 水解和好氧污泥 EPS 中胞外多糖和胞外蛋白质含量逐渐增加, 污泥表面 Zeta 电位值减小。PN/PS 也随循环流量增加呈线性增加趋势。同时, 水解和好氧反应器内活性微生物量逐渐增加, 污泥沉降性能得到改善。水解/好氧反应器体积比对 2,4-DCP 的降解有显著的影响。在 1:3 的体积比下, 反应器中 VFA 浓度较低, 体系保持较强的缓冲能力, 微生物具有较强的活性, 水解和好氧污泥 EPS 中胞外多糖和蛋白质含量最高, 污泥的表面 Zeta 电位分布均最小, 污泥整体性能稳定。

水解和好氧反应器间溶液的循环类似于天然水环境中厌氧和好氧界面间液体的传质。它将水解和好氧两个独立的过程“同时”进行, 发挥了水解和好氧微生物间的协同作用, 强化了水解和好氧降解过程, 有效地解决了水解反应器中酸化抑制的难题, 提高了废水的处理速率和效率。

关键词: 水解; 好氧; 循环; 间歇生物技术; 活性艳蓝 KN-R; 2,4-DCP

Abstract

Dyeing wastewater and chemical industry wastewater are two kinds of typical industry wastewater. Anthraquinone dyes constitute the second largest class of textile dyes after azo dyes, which are extensively used in the textile and dyeing industry because of their wide variety of color shades, high wet fastness profiles, ease of application, brilliant colors, and minimal energy consumption. Under typical industrial conditions, about 50 % of the dyes remain in the spent dye in unfixed or hydrolyzed form resulting in colored effluent, which brings major aesthetic problems for the industry. Thus, environmental concerns and the need of meeting the stringent international standards for rejecting wastewater have made the development of efficient and low cost processes for dealing with textile aqueous effluents an issue of major technological importance. Chlorophenols, such as 2,4-dichlorophenol (2,4-DCP), are used extensively in the manufacture of pesticides, herbicides, glue, paint, leather and pulp and wood preservatives. Due to its manufacture in large quantities and toxicity, DCP is an Environmental Protection Agency (EPA) priority pollutant identified in hazardous waste sites identified on the National Priorities List.

The objectives of the present work were to investigate the feasibility of a batch operated biofilm and activated sludge hydrolytic-aerobic recycling process (HARP) in degrading anthraquinone dye Reactive Blue KN-R (KN-R) and 2,4-DCP in wastewater. This study may be valuable for experimental design and engineering application of high concentration organic wastewater treatment by the batch hydrolytic-aerobic recycling process.

The results showed that recycling flux, hydrolytic/aerobic reactor volume ratio and aeration flux were the key process parameters for the batch operated biofilm and activated sludge hydrolytic-aerobic recycling process in treating KN-R and 2,4-DCP wastewater, which had great effects on removal efficiency and rate, stability of process, activity of microorganisms and characteristics of activated sludge and so on.

When the synthetic wastewater of KN-R 600 mg/L and glucose 2000 mg/L was treated by the batch operated biofilm hydrolytic-aerobic recycling process with recycling flux 10 mL/min, aeration flux 3 L/min, hydrolytic/aerobic reactor volume ratio 2:2, chemical oxygen demand (COD) and color removal efficiency could be up to 94.2 % and 94.4 %, respectively. Increase in recycling flux would alleviate

acidification degree in the hydrolytic reactor and decrease volatile fatty acids (VFA) accumulation. Moreover, COD and color removal efficiency and average removal rate could be greatly enhanced. However, when recycling flux was much higher, the dissolved oxygen (DO) in the hydrolytic reactor was gradually increasing, which resulted in the fact that the activity of hydrolytic microorganisms was depressed and removal efficiency of COD and color was decreased.

When the synthetic wastewater of KN-R 200 mg/L and glucose 2000 mg/L was treated by the batch operated activated sludge hydrolytic-aerobic recycling process with recycling flux 10 mL/min, hydrolytic/aerobic reactor volume ratio 2:2, aeration flux 3 L/min, COD and color removal efficiencies reached 90 % and 85 %, respectively. With recycling flux increasing from 5 mL/min to 15 mL/min, COD and color removal efficiency increased and the maximum of VFA decreased. Meanwhile, the increase of the content of polysaccharide (PS) and protein (PN) in extracellular polymeric substances (EPS) of hydrolytic and aerobic activated sludge resulted in the increasing of Zeta potential and accelerated the conglutination and the settling of activated sludge.

When the synthetic wastewater of 2,4-DCP 20 mg/L and glucose 2000 mg/L was treated by the batch operated biofilm hydrolytic-aerobic recycling process with recycling flux 10 mL/min, hydrolytic/aerobic reactor volume ratio 2:2, aeration flux 3 L/min, COD and 2,4-DCP removal efficiencies could be up to 95 % and 99 %, respectively. COD and 2,4-DCP removal efficiency rose with recycling flux increasing from 5 mL/min to 10 mL/min. However, when recycling flux was above 10 mL/min, the trace amounts of oxygen transported to the hydrolytic reactor by recycling solution from the aerobic reactor could reduce the activity of hydrolytic microorganisms. COD and 2,4-DCP removal efficiency could be greatly enhanced by increasing aeration flux.

When the synthetic wastewater of 2,4-DCP 20 mg/L and glucose 2000 mg/L was treated by the batch operated activated sludge hydrolytic-aerobic recycling process with recycling flux 15 mL/min, hydrolytic/aerobic reactor volume ratio 1:3, aeration flux 3 L/min, COD and 2,4-DCP removal efficiencies reached 95 % and 96 %, respectively. With recycling flux increasing from 5 mL/min to 15 mL/min, COD and 2,4-DCP removal efficiency increased and the maximum of VFA decreased. Meanwhile, the increase of the content of PS and PN in EPS of hydrolytic and aerobic activated sludge resulted in the decreasing of Zeta potential. As a result, the

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库